جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی‌ام، تابستان ۱۳۹۸

صص ۱۱۳- ۹۷

DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.78163

بررسی شاخص شدت زمستان در شمال غرب ایران

حسن حیدری[1]- استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

علیرضا موقری- استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/٤/۲

چکیده

امروزه مدیریت بحران حوادث اقلیمی به‌ویژه در خصوص نگهداری شریان‌های ارتباطی (جاده‌ها) در فصل زمستان اهمیت زیادی دارد و کشورها هرساله بودجه‌های فراوانی را به این امر اختصاص می‌دهند. این مطالعه برمبنای آمار ۱۸ ایستگاه سینوپتیک در شمال غرب کشور در فصل سرد (از اول اکتبر تا آخر مارس) در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸٦ انجام و با توجه به عدم گزارش ارتفاع برف و مقدار تجمعی آن در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، در این پژوهش از مقدار تجمعی درجه روز یخبندان به‌عنوان شاخص استفاده شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ایستگاه‌های سراب، ماکو و تکاب مهم‌ترین کانون‌های شدت زمستانی است و درعین‌حال ایستگاه تکاب شدیدترین فصل زمستان را در دوره موردمطالعه به خود اختصاص داده است. همچنین مشخص شد که سال ۱۹۸۸ به‌عنوان سردترین و ۱۹۹۸ به‌عنوان گرم‌ترین زمستان منطقه بوده است. تحلیل سینوپتیک دوره آماری مورد بررسی مشخص نمود که آنومالی منفی ارتفاع ژئو پتانسیل به میزان ۱۰- متر سبب سرمایش شدید در سال ۱۹۸۸ گردیده و نیز آنومالی مثبت آن با بیش از ۳۵+ متر منجر به گرمایش غیرعادی فصل سرد در ۱۹۹۸ شده است.

کلمات کلیدی: ایران، شاخص اقلیمی، سینوپتیک، شدت زمستان، شمال غرب.

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱٤۳٤۰۸۳۸۷

Email: ha.heidari@urmia.ac.ir

۱-مقدمه

هر فصـلی دارای ویژگی‌ها و مشخصات خاص اقلیمی است. بر این اساس فصل زمستان و به‌ویژه وقایع شدید آن همچون طولانی بودن دوره سـرما، کولاک، بارش سـنگین برف می‌تواند منجر به تأثیرات مخرب اقتصـادی و اجتماعی شـود (Malcheva et al., 2019) در این میان یکی از بخش‌های مهم آسـیب‌پذیر، بخش حمل‌ونقل هسـت که بشدت تحت تأثیر دماها و بارش‌های زمستانی قرار دارد.

در این راسـتا در کشـورهای مختلف دنیا که تحت تأثیر بارش برف، درجه حرارت‌های زیر صـفر و یخبندان قرار دارند، برای مدیریت جاده‌ها و شـبکه حمل‌ونقل خود، هرسـاله با صـرف بودجه‌های کلان حفظ و نگهداری و کنترل خاصـی را برای این منظور به اجرا می‌گذارند؛ بنابراین با شـدت یافتن بارش برف و یخبندان و ایجاد شـرایط خاص همچون کولـاک و موارد دیگر، می‌بایسـت با نوعی مدیریت بحران از بروز حوادث و تلفات جلوگیری کرد. چنان‌که مشـخص‌شـده اسـت مدیریت بحران می‌تواند بدون افت سـطح خدمات موردنیاز سبب کاهش هزینه‌ها شود (Mews et al., 2019). با توجه به اینکه شـاخص شـدت زمسـتان[1] عبارت اسـت از سـنجش تأثیر نسـبی هوای زمسـتانی بر عملیات نگهداری جاده و عملیات کنترل ترافیکی، لذا با اسـتفاده از داده‌های سـیستم اطلاعات هوای جاده‌ای یا داده‌های طولانی‌مدت به این هدف می‌توان نائل شـد. درواقع شـاخص شدت زمستان شاخصی است که از ترکیب اثرات هوایی مختلف در یک مقدار مشـخصـی تشـکیل‌شـده تا سـازمان مربوطه را برای کارایی مقایسه و نرمال نمودن جغرافیایی و زمانی هزینه‌ها کمک نماید. بدین سـبب در کشـورهای مختلف، دولت‌ها برای تعیین میزان قابلیت عملیات نگهداری زمسـتانی در طول زمان، هزینه‌ها را تابعی از شـدت زمسـتان تلقی می‌کنند. در زمینه‌های دیگری نیز همچون مدیریت بحران، کشـاورزی، ترافیک، حیات‌وحش (Mccaffery et al., 2011) و گرمایش منزل، این موضـوع نمودهای خاص خود را می‌تواند داشـته باشـد؛ بنابراین هرچند در بسـیاری از کشـورها بر اسـاس آگاهی‌های تجربی میزان بودجه در مناطق مختلف برای حفظ و کنترل و نگهداری شـبکه راه‌های مناطق کوهسـتانی تعیین می‌گردد که در برخی موارد نیز خیلی دقیق نمی‌تواند باشـد. اهمیت این موضـوع به‌قدری مهم اسـت که بدانیم در آمریکا سـالانه بودجه‌ای معادل ۲/۳ میلیارد دلار (Curtis et al., 2011) و در کانادا بیش از ٤/۵ میلیون تن نمک در سـطح جاده‌ها استفاده می‌شود (sugget et al., 2006).

Assel (1980) با اسـتفاده از مقدار ارتفاع برف و تعداد روزهای با بارش برف در دو سـطح کمتر و بیشتر از ٦ اینچ و نیز دماهای حداکثر و حداقل، شـاخص شـدت زمسـتان را برای پنسـیلوانیای آمریکا ارائه کرد. Knudsen (1994) به کمک متغیرهای دمای سـطح جاده و نیز میزان بارش حداقل یک سـانتیمتری برف، شـاخصـی را برای دانمارک ارائه نمود. Hulme (1982) بر اسـاس میـانگین روزانه دما و نیز تعداد روزهای با پوشـش زمینی برف و همچنین تعداد

1 Winter severity index

شـــب‌های با دمای یخبندان برای انگلســـتان ارائه کرد، هرچند که بعدها مشـــخص شـــد فرمول مذکور ازنظر پیش‌بینی دارای ضـــعف‌هایی اســـت. Andrey et al. (2001) نیز با اســـتفاده از تعداد روزهای با انباشـــت برف و تعداد روهای با میانگین دمای بین ۹- تا ۱- درجه ســـانتی‌گراد، شـــاخصـــی را برای انتاریو کانادا ابداع نمود. او و همکارانش در ســـال ۲۰۰۳ با تجدیدنظرهایی فرمول دیگری برای اوتاوای کانادا، بر اســـاس داده‌های اقلیمی بیشـــتر و نیز تطبیق آن‌ها با تعداد تصـــادفات ارائه نمود. Decker et al. (2001) نیز با اســـتفاده از میانگین حداقل روزانه دما و میانگین روزانه بارش برف و نیز دمـــای روزانـــه یخبنـــدان، اختلاف میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه را در قالب برنامه پژوهش اســـتراتژیک شـــاهراه‌ها در آمریکا ارائه کرد. Assel (1980) با اســـتفاده از میانگین حداقل دمای روزانه (زیر صـــفر درجه) و جمع تجمعی آن‌ها شاخصی را برای انگلستان معرفی نمود.

Hedjuk et al. (2014) با اســـتفاده از میانگین دمای فصـــل زمســـتان و نیز تعداد روزهای یخبندان و روزهای با پوشـــش برفی، شـــاخصـــی را برای لهســـتان ارائه کردند. درعین‌حال محققینی همچون Strong and Shvetov (2006) مدل‌هایی در خصـــوص ترافیک زمســـتانی، Qui (2008) در رابطه با ترافیک و نگهداری زمســـتانی جاده‌ها، Boselly and Edward (1993) در رابطه با نگهداری جاده و Cerruti and Decker (2011) در مورد فعالیت‌های انســـانی ابداع نمودند. بعضـــی از محققین همچون (Matthews et al., 2017) نیز با اســـتفاده از دانش تخصـــصـــی و بهینه‌سازی ریاضی که در خصـــوص نمرات محاسبه‌شـــده بر اســـاس ۸ عامل آب و هوایی و یک حد آستانه‌ای گرمایش هوا در دوره‌های ۱٤ روزه انجام دادند، مدل خاصی را برای انتاریوی کانادا ارائه کردند.

تاکنون در ایران تحقیقی بر روی شـــدت زمســـتان برمبنای شـــاخص‌های آب و هوایی و نیز طبقه‌بندی مربوط به زمســـتان انجام نشـــده اســـت و در این خصـــوص تنها می‌توان به کار قویدل و خوشـــحال (۱۳۸۹) اشـــاره کرد که آن نیز باهدف بررسی سینوپتیک شدت زمستان در تبریز می‌باشد.

با توجه به اینکه بخش اعظم شـــمال غرب ایران کوهســـتانی بوده ولی وقوع یخبندان و مقدار بارش برف از حیث شـــدت و مدت به یک اندازه نیســـت و ضـــمناً بودجه لازم نیز قابل‌توزیع به‌صـــورت یکسان نیست، ازاین‌روی ضرورت شـــناخت مبتنی بر واقعیت‌های اقلیمی منطقه می‌تواند در فرآیند تخصـــیص بودجه لازم جهت حفظ و کنترل و نگهداری شبکه راه‌ها در منطقه شمال غرب گام مهمی در عملکرد مناسب سازمان‌های ذیربط باشد.

۲-مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه شـــمال غرب ایران با توجه به ویژگی‌های توپوگرافی از نوعی وحدت توپوگرافی برخوردار اســـت (طالقانی ۱۳۹۲:۹۸). این منطقه ســـرزمین ناهمگنی اســـت که پست‌ترین نقطه آن در دشت مغان با ارتفاع ۲۰ متر و مرتفع‌ترین آن قله ســـبلان با ارتفاع ٤۸۸۸ متر می‌باشـــد. این منطقه در شرق به کوه‌های طالش که امتداد رشته البرز بوده و در جنوب به

انتهای شـــمالی رشـــته زاگرس ختم می‌شـــود. رشـــته‌کوه قره داغ در امتداد کوه‌های قفقاز به طول ۲۲۰ کیلومتر از جبال آرارات، ســرحد بین ایران و ترکیه و آذربایجان در شــمال غرب شــروع و تا کوهســتان طالش ادامه دارد. رشته‌کوه‌های بزغوش، ســبلان، صــلوات، خروســلو، کوه‌های شــهیدان، کوه‌های تکاب و کوه‌های منفرد ســهند و قافلانکوه از دیگر ناهمواری‌های منطقه هســتند. علیرغم کوهســتانی بودن منطقه زمین‌های هموار و فرورفتگی‌هایی در آن واقع‌شده است. دشـــت مغـان، جلگـه‌هـای تبریز و ارومیـه و ســـایر جلگـه‌های اطراف دریاچه ارومیه و خود چاله دریاچه ارومیه از مشـــهورترین آنها اســـت. به‌طورکلی منطقه شـــمال غرب به دلیل موقعیت جغرافیایی و پراکندگی توپوگرافی به‌ویژه در فصـل سرد دارای آب‌وهوای سرد و کوهستانی بوده و عمده بارش‌ها در این فصل به‌صورت برف نازل‌شده و یخبندان نیز یکی از نمودهای بارز اقلیمی این فصل است.

۲-۲- داده‌ها و روش‌های تحلیل عددی

بررسـی مدل‌های مختلفی که توسـط محققین مختلف در خصوص شدت زمستان (۲۰۰۶-۱۹۸۰) ارائه‌شده حاکی از وجود نکات زیر است:

الف) بعضـــی مـدل‌هـا قـابلیـت انتقال‌پذیری ضـــعیفی داشـــته و به‌عبارت‌دیگر برای منطقه جغرافیایی خاصـــی طراحی‌شده‌اند.

ب) پـاره‌ای از مـدل‌هـا بـه جهـت آنکـه فاقد اطلاعات لازم برای بســط دادن یا بکار بردن بودند، قابلیت خود را ازدست‌داده‌اند.

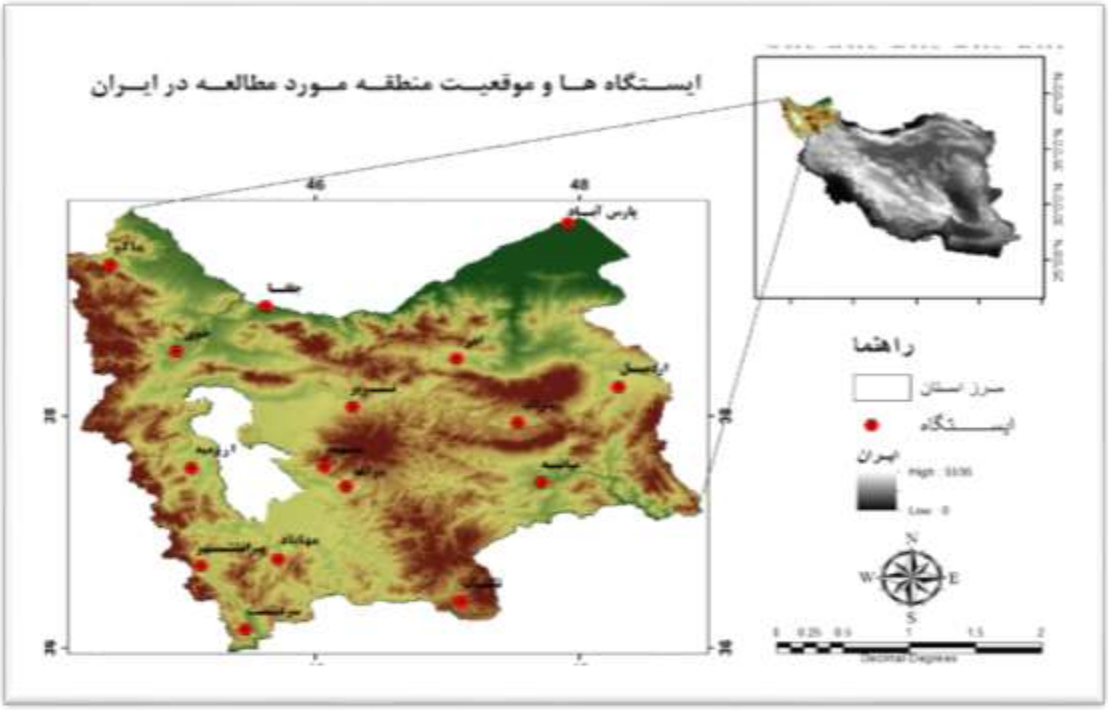
ج) برخی مدل‌ها به لحاظ آنکه به داده‌های زیاد نیاز داشـته و در محاسبه شاخص نیز مورد دست‌کاری و تغییر قرار می‌گرفتند نیز قابلیت مناسبی نداشتند (ساجت و همکاران ۲۰۰۶:۲).

همچنین باید به این نکته نیز اشـــاره کرد که بعضـــی از مدل‌ها نیاز به داده‌هایی دارند که به‌طور مســـتقیم از طریق سنجش‌های هواشناسی قابل‌دسترسی نیستند (مالچیوا و همکاران ۲۰۱۹).

نظر به این‌که در ایســتگاه‌های هواشــناســی ایران ارتفاع برف و مقدار تجمعی ارتفاع روزانه آن اندازه‌گیری نشــده و صـرفاً آب معادل برف گزارش می‌شـود، ازاین‌روی عملاً استفاده از مدل‌هایی که نیازمند ارتفاع برف بوده مقدور نیست. از طرف دیگر به جهت آنکه معمولاً کمترین دماهای ثبت‌شــده در فصــل ســرد به وقوع می‌پیوندد که این امر باوجود بارش برف و انباشـــت آن موجبات افزایش انعکاس تابش و عدم امکان جذب انرژی بر روی زمین می‌شـــود. می‌توان گفـت بـا در نظر گرفتن میـانگین دمـاهای روزانه زیر صـــفر به نحوی اثرات حاصـــل از برف که موجب افت دما و درنهایت ایجاد یخبندان و مشکلات آن را می‌توان پیگیری نمود.

در این مطالعه داده‌های مورداســتفاده، میانگین درجه حرارت روزانه ۱۸ ایســتگاه ســینوپتیک در شــمال غرب ایران (شـــکل ۱) از اول اکتبر تا آخر ماه مارس ســـال میلادی بعدی در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۶ اســـت. بر این اســـاس به

دماهای زیر صـفر یک علامت جبری مثبت و به دماهای بالای صـفر علامت جبری منفی داده شد. سپس مقدار تجمعی درجه روز یخبندان در طی ماه‌های فوق محاسـبه شـد. در این رابطه اگر چنان چه مقدار تجمعی درجه روز یخبندان برای یک دوره مشـخص، دمای بالای صـفر درجه منفی باشد، مقدار تجمعی صفر و مقدار جمع تجمعی جدید از روز بعد آغاز می‌شـود. بررسـی نقشـه شـماره ۱ حاکی از پراکنش مناسـب ایستگاه‌ها در سطح منطقه از حیث جغرافیایی و ارتفاعی می‌باشـد. درعین‌حال یکی از مسـائل مهم در بررسـی شـدت زمسـتان بیان درجه شـدت آن است. چراکه هر درجه شـدتی در هر منطقه آثار متفاوتی را از خود به‌جا می‌گذارد. چنانکه قبلاً نیز اشاره شد نزول دمای هوا به زیر صفر درجه و بارش برف و انباشت آن روی زمین، موجب افزایش



شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های منتخب مورداستفاده در تحقیق

شـدت یخبندان و بروز مشـکلات می‌شـود. در این رابطه برای آنکه شـناخت مناسـبی از درجه شـدت زمستان به دسـت آید بر مبنای گروه‌بندی آسـل (۱۹۸۰) عمل گردید. بر این اسـاس تعیین شـدت زمسـتان در ایسـتگاه‌های موردمطـالعـه در ۵ گروه انجـام شـد. بر مبنـای این گروه‌بنـدی توزیع فراوانی تجمعی درجه روز یخبندان بیش از ۹۵ درصـد به‌عنوان شـدیدترین و کمتر از ۵ درصـد به‌عنوان ملایم‌ترین گروه‌ها، ۱۵ درصد فاصله بالایی (۸۰ تا ۹۵ درصد) به‌عنوان شـدیدتر از نرمال و ۱۵ درصـد فاصـله پایینی (۵ تا ۲۰ درصد) به‌عنوان ملایم‌تر از نرمال و حدفاصل بین ۲۰ تا ۸۰ درصـد در گروه نرمـال انجـام گردید. با توجه به اینکه امروزه حدوث وقایع اقلیمی به‌صـورت دوره‌ای به اثبات

رسـیده و حتی بعضـاً به‌منظور تعیین رفتار دوره‌های مذکور کارهای مختلفی در حیطه تغییرات اقلیمی انجام می‌شـود، بـدین دلیـل در این رابطه اقدام به محاسـبه مقادیر تجمعی داده‌های اسـتانداردشـده درجه روز یخبندان سـالانه در ایسـتگاه‌های مورد مطالعه گردید تا وضـعیت تغییر رژیم شـدت زمسـتان در طول دوره آماری مشـخص شـود. نظر به اینکـه شـروع و پـایـان فصـل یخبندان نیز یکی از پارامترهای مهم در مدیریت بحران جاده‌ای و حتی در مقوله‌های مختلفی همچون کارهای عمرانی و کشـاورزی اسـت، لذا در این رابطه بر اسـاس تقویم ژولیوسـی از ابتدای اکتبر به‌عنوان اولین روز تقویمی انجام و پس از اسـتخراج نتایج بر مبنای تقویم میلادی دقیقاً شـروع و پایان فصـل یخبندان اسـتخراج گردید. این موضـوع ازآن‌جهت حائز اهمیت اسـت که روابط بین زمستان‌های با شدت بالا از حیث مدت آن نیز موردبررسی قرار گیرد.

۲-۳-روش تحلیل سینوپتیک

همچنین به‌منظور بررسـی افزایش یا کاهش تعداد درجه-روز یخبندان و نیز شـناسـایی علت سـینوپتیک حاکمیت شـدید یا ضعیف زمستانی منطقه، اقدام به تهیه نقشه‌های ترکیبی شد. در این رابطه برای اندازه‌گیری تغییرات در گردش عمومی بزرگ‌مقیاس جو و همچنین مطالعه تأثیر گردش جوی بر شـرایط حدی آب و هوایی، داده‌های ترکیبی میانگین گردش[1] جو کل سـال برای دوره آماری ۱۹۸۵-۱۹٦۱ به‌عنوان نماینده اقلیم پیشین و دوره آماری ۲۰۱٦-۱۹۸٦ به‌عنوان دوره تظـاهر تغییر اقلیم (WMO, 1989) بر اسـاس داده‌های واکاوی شـده NCEP/NCAR دریافت گردید. لازم به توضـیح اسـت که نقشـه‌های MCC برای مقایسه تغییرات بین دو دوره زمانی به کار می‌روند. سپس نقشه‌های تفاضل[2] از طریق تفریق دوره آمـار جـدیـد از دوره آماری قدیم به‌منظور نمایش تغییرات گردش عمومی جو در این دو دوره با استفاده از نرم‌افزار Grads ترسیم گردید. نقشه‌های ترکیبی با استفاده از متغیرهای زیر ترسیم گردید:

- ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال
- امگای سطح زمین
- چرخندگی نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال
- ضخامت جو
- دمای هوای سطح زمین

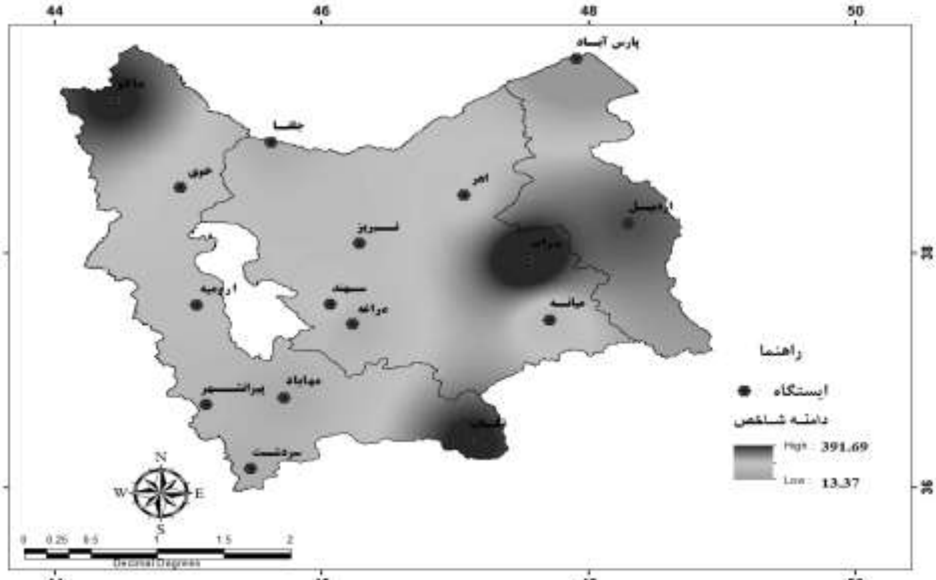
سـپس به تحلیل نقشـه‌ها اقدام گردیده و نتایج آن با خروجی شاخص‌های حدی دما مقایسه گردید تا تأثیر گردش عمومی جو منطقه بر تغییرات دما مشخص گردد.

1 Mean Circulation Composites
2 ifference Map

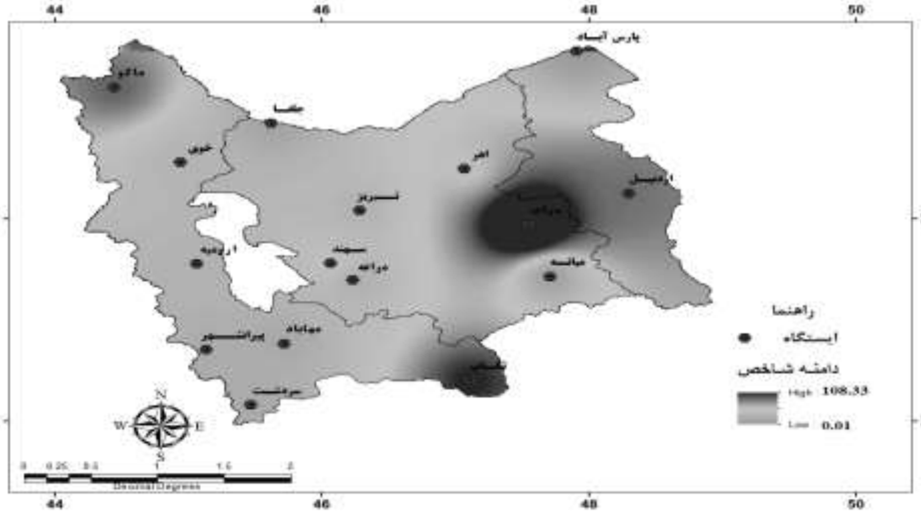
۳-نتایج و بحث

۳-۱-نتایج تحلیل‌های عددی

بررسـی نقشـه میانگین درجه روز یخبندان منطقه بیانگر تفکیک مناطق از همدیگر اسـت. چنانکه غرب و جنوب و شـمال شـرق دریاچه ارومیه و نیز منطقه پارس‌آباد اصـولاً دارای درجه روز یخبندان کمتری بوده که شاید علت این امر ناشـی از اثر تعدیل دریاچه ارومیه، پایین بودن ارتفاع (در جلفا و پارس‌آباد) باشـد. احتمالاً با تشـدید خشـک شـدن دریاچه ارومیه در سـال‌های آینده گسـتره و شـدت سردی فصل سرد دچار تغییراتی خواهد گردید. به‌هرحال بر اساس نقشـه فوق ایسـتگاه سـراب با ۳۹۲ درجه روز در شـرق و ایسـتگاه ماکو با ۳۲۲ درجه روز در شمال غرب و تکاب با ۳۲٤ درجه روز در جنوب منطقه مهم‌ترین کانون‌های شـدت زمسـتانی را به خود اختصـاص داده‌اند. درصـورتی‌که پارس‌آباد با ۱۳ درجه روز کمترین شـدت زمستانی را در طول دوره آماری نشان می‌دهد. اطراف دریاچه ارومیه به‌ویژه در جنوب آن مقادیر بالنسـبه کمی را نشـان می‌دهند. درعین‌حال بررسی نقشه حداقل مقادیر درجه روز یخبندان منطقه نشـانگر وجود یک کانون در شـرق منطقه یعنی در ایسـتگاه سـراب اسـت. به‌عبارت‌دیگر حتی در سال‌هایی که منطقه دارای زمسـتان معتدلی اسـت، در ایسـتگاه سـراب شـدت سـرمای زمستانی کم شده ولی با سایر ایستگاه‌ها به‌صورت فاحشـی دارای تفاوت اسـت. این در حالی اسـت که ایستگاه‌های پارس‌آباد، جلفا، میانه، مهاباد، سردشت و پیرانشهر به ترتیـب دارای درجه روز یخبندان بین صـــفرتا ۱۰ درجه روز یخبندان در طی اکتبر تا آخر مارس یعنی ٦ ماه در ســـال می‌باشند. ایستگاه‌های مذکور همگی ارتفاع پایین‌تری نسبت با سایر ایستگاه‌ها می‌باشند.

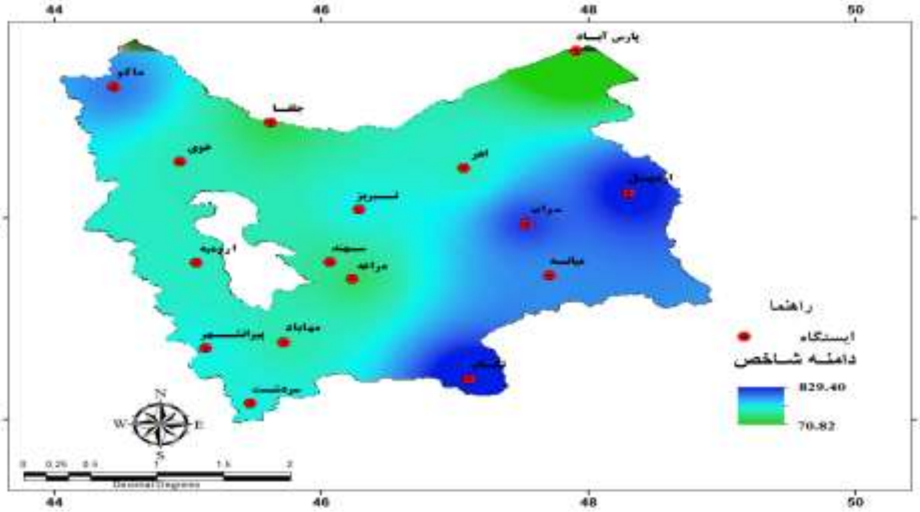


شکل ۲- نقشه میانگین درجه روز یخبندان در منطقه (۲۰۱۵-۱۹۸٦)



شکل ۳- نقشه حداقل درجه روز یخبندان در منطقه (۲۰۱۵-۱۹۸٦)

بررسی نقشه حداکثر درجه روز یخبندان منطقه نیز حاکی از تشدید سرمای زمستانی در شرق (اردبیل با ۷۷۳ و سراب با ۷۰۹ درجه روز) و جنوب شرق (تکاب با ۸۳۰ درجه روز) و شمال غرب (ماکو با ٦۲۳ درجه روز) است. به‌عبارت‌دیگر شدیدترین زمستان منطقه در تکاب و اردبیل رخ می‌دهد. مسلماً ارتفاع بالای ایستگاه‌های مذکور همراه با تراکم ارتفاعات اطراف آن‌ها ازیک‌طرف و از طرف دیگر قرار داشتن در معرض ورود توده‌های سرد شمالی و بعضاً غربی شرایط را در فصل زمستان برای افزایش شدت سرمای زمستان فراهم می‌آورد. درعین‌حال همان‌گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود ایستگاه پارس‌آباد با داشتن انحراف معیار ۱٤/۹ درجه روز دارای کمترین نوسانات و ایستگاه سراب با انحراف معیار ۱۸۳ درجه روز بیشترین نوسانات در یخبندان فصل



شکل ٤- نقشه حداکثر درجه روز یخبندان منطقه (۲۰۱۵-۱۹۸٦)

ســرد می‌باشــند. ضمناً میزان تغییرپذیری شدت یخبندان فصل سرد در ایستگاه‌های مناطق پست زیاد و ایستگاه‌های مناطق مرتفع کم اســت. بر این اســاس در بعضی از سال‌ها که در بخش‌های پست منطقه، یخبندان شدید باشد، می‌تواند معضلات زیادی را در تمام ارکان حمل‌ونقل و سایر بخش‌ها ایجاد کند.

همچنین بررســی تاریخ شــروع و پایان فصل سرد نشان می‌دهد که در کانون‌های شدید زمستانی منطقه، فصل سرد از دهه ســوم ماه نوامبر شروع و تا دهه سوم ماه مارس طول می‌کشد. ولی در بخش‌هایی همچون پارس‌آباد از دهه اول دســامبر آغاز و در نیمه اول فوریه به اتمام می‌رسـد. به‌عبارت‌دیگر در ایســتگاه‌هایی که فصــل ســرد زود آغاز می‌شــود دیرتر نیز تمام می‌شــود؛ اما در حالتی کلی حاکمیت فصــل ســرد از نیمه اول دســامبر تا نیمه آخر مارس اســت. بر این اســاس می‌توان گفت شــروع و پایان فصــل ســرد در شــمال غرب به‌صــورت هماهنگ عمل نموده، هرچند شدت آن برحسب ویژگی‌های منطقه‌ای متفاوت است.

برای آنکه بتوان گروه‌بندی مشــخصــی را از حیث ایســتگاهی ارائه نمود جدول ۲ تهیه شــد. تهیه این جدول از این حیث مهم اســت که امکان گروه‌بندی شدت زمستان را طی دوره آماری موردبررسی میسر نموده و درعین‌حال می‌توان ایســتگاه‌ها را باهم مقایسه نمود. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود، تکاب با ۷۵٤ درجه–روز به‌عنوان شدیدترین و پارس‌آباد با صفر درجه–روز ملایم‌ترین درجه– روز یخبندان سالانه را در

جدول ۱– مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر درجه روز یخبندان و تاریخ شروع و پایان فصل سرد در منطقه

ایستگاه	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرپذیری	شروع فصل سرد	پایان فصل سرد
اهر	٤٧٩	۳۰	۱۹۷	۱۰۵	۰٫۵۳	۲۵ نوامبر	۲۲ مارس
جلفا	۳۷۱	۵	۱۳۹	۱۱۸	۰٫۸۵	۷ دسامبر	۱۸ فوریه
میانه	٦۲۳	۳	۱٦٤	۱٤۱	۰٫۸٦	۱۳ دسامبر	۲۵ فوریه
مراغه	۳۹٤	۱۳	۱٤۰	۹۹	۰٫۷۰	۸ دسامبر	۹ مارس
تبریز	۵۱۹	۱۵	۱٦۷	۱۱۱	۰٫٦٦	٦ دسامبر	۱۰ مارس
سراب	۷۰۹	۱۰۸	٤۰۱	۱۸۳	۰٫٤٦	۲۱ نوامبر	۲٦ مارس
سهند	٤۳۹	۲۷	۲۰٦	۱۱۰	۰٫۵۳	٦ دسامبر	۱۸ مارس
ماکو	٦٤۱	۵۷	۳۲۸	۱۵٦	۰٫٤۷	۲۷ نوامبر	۱٦ مارس
خوی	٤۷٤	۱۵	۱۹٤	۱۲۸	۰٫٦٦	۵ دسامبر	۷ مارس
ارومیه	٤۸٤	۱٤	۱۷۵	۱۱۷	۰٫٦٦	٦ دسامبر	۱۷ مارس
پیرانشهر	۵۱۸	۱۰	۱٦۰	۱۲۰	۰٫۷۵	۱۰ دسامبر	٦ مارس
سردشت	۵۰۹	۹	۱٤۱	۱۱۲	۰٫۷۹	۹ دسامبر	۱۰ مارس

ادامه جدول ۱

ایستگاه	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرپذیری	شروع فصل سرد	پایان فصل سرد
مهاباد	٤٦۰	۸	۱۳۰	۱۰۳	۰,۷۹	۸ دسامبر	۲ مارس
تکاب	۸۳۰	٦۲	۳۳۰	۱۷۷	۰,٥٤	۲۷ نوامبر	۱۹ مارس
پارس‌آباد	۷۱	۰	١٤	۱٥	۱,۰۸	۷ دسامبر	۲ فوریه
اردبیل	۷۷۳	٤۷	۲۹۱	۱۷۰	۰,٥۹	۲۱ نوامبر	۲٦ مارس

طول دوره آماری به خود اختصــاص داده‌اند. این در حالی اســت که ســراب با **۵۵۰** درجه–روز یخبندان در گروه شدیدتر از نرمال و ۱۹۱ درجه–روز در حالت نرمال بیشترین میزان درجه –روز یخبندان را نشان می‌دهد.

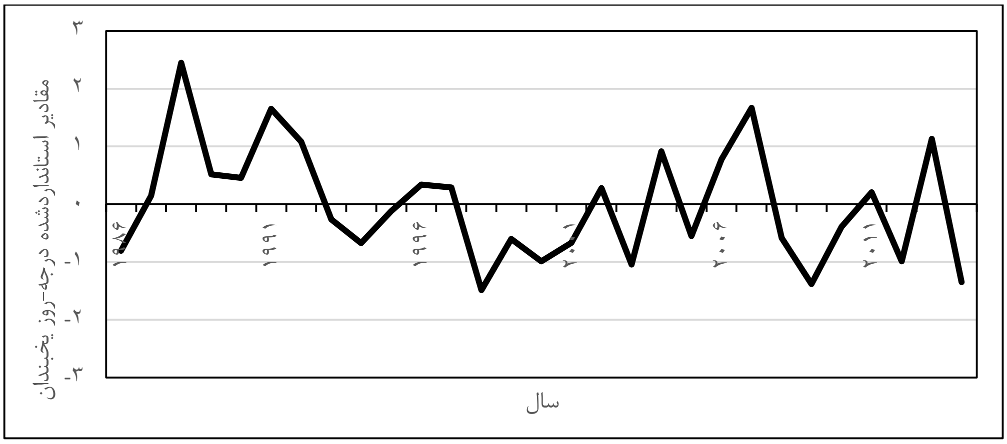
به‌عبارت‌دیگر اصـولاً فصـل سـرد در ایسـتگاه سراب عمدتاً شدید است و به‌عنوان واقعیت اقلیم فصلی زمستان آن اسـت ولی در تکاب در بعضـی از سال‌ها شدت یخبندان به‌مراتب خیلی شدیدتر از سایر ایستگاه‌های موردمطالعه بوده، درواقع ایســتگاه شــاخص وقوع رکوردهای شــدید یخبندان منطقه شــمال غرب اســت. نظر به اینکه غرب منطقه موردمطالعه اصـولاً دارای بارش برف بیشـتری در فصـل سـرد هست لذا در سال‌هایی که میزان نزول برف بیشتر باشد، شــدت ســرمای زمســتانی از شــدت و تداوم زمانی بیشــتری برخوردار خواهد بود. درعین‌حال در ایســتگاه پارس‌آباد هرچنـد مقـدار درجــه–روز یخبنـدان کمتر اســت ولی در طی دوره آماری موردمطالعه تا ٥٤ درجه–روز یخبندان نیز دیده‌شــده که در مقایســه با صــفر درجه–روز قابل‌مقایســه نبوده و این اختلاف زیاد می‌تواند موجبات صــدمات زیان‌بار اقتصـادی در منطقه پارس‌آباد را فراهم نماید. البته باید گفت که این افزایش شـدت زمستانی نمی‌تواند به‌صورت محلی در پارس‌آباد رخ دهد و بیشـتر در ارتباط با حاکمیت سـینوپتیک توده‌های سـرد در منطقه شـمال غرب است. همچنین به‌منظور تعیین دامنه تغییرات در طی ســال‌های آماری و اینکه نوع و نحوه تغییرات در منطقه، صــرف‌نظر از ویژگی‌های ایسـتگاه‌ها به چه صـورتی بوده اسـت، نمودار مقادیر استانداردشده مجموع درجه–روزهای یخبندان ایستگاه‌های منطقه تهیه گردید (شـکل ٥). بررسـی این شـکل حاکی از روندهای متغیر صـعودی و نزولی در طی دوره آماری هسـت که دراین‌بین سال‌های ۲۰۰۷،۱۹۹۱،۱۹۹۸

جدول ۲–گروه‌بندی درجه–روز یخبندان در ایستگاه‌های موردمطالعه طی دوره آماری

ایستگاه	ملایم‌تر از نرمال (٥ درصد)	نرمال (۲۰ درصد)	شدیدتر از نرمال (۸۰ درصد)	شدید (۹٥ درصد)
اهر	٤۳	۹۰	۲۷۷	٤۲۷
جلفا	٦	۲٦	۲٥۸	۳٦٦

ادامه جدول ۲

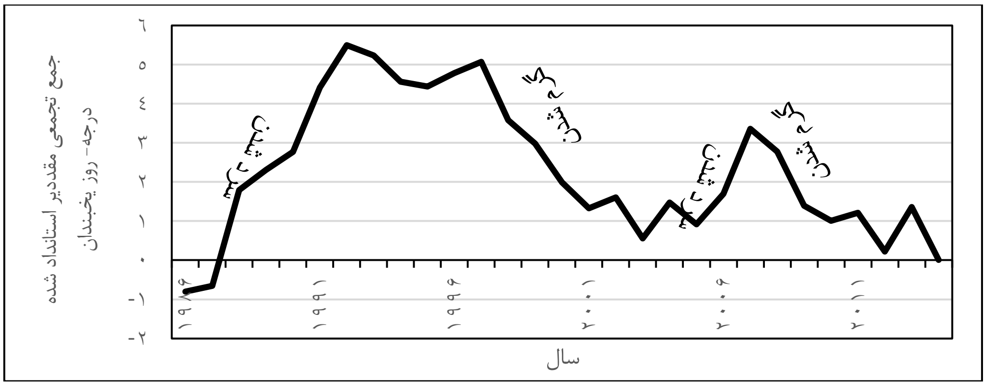
ایستگاه	ملایم‌تر از نرمال (۵ درصد)	نرمال (۲۰ درصد)	شدیدتر از نرمال (۸۰ درصد)	شدید (۹۵ درصد)
میانه	۸	٤۸	۲۳۹	٥۲۱
مراغه	١٤	٦١	۲۰۸	۳٦۷
تبریز	۱۹	۸۳	۲٥۳	٤۳۳
سراب	١١٤	۱۹۱	٥٥۰	۷۰۸
سهند	۳٤	۹۷	۳۱٥	٤۲۲
ماکو	٦٥	۱۸۱	٥۰٥	٦۰۲
خوی	۱۷	۸۲	۳۷۳	٤٥٥
ارومیه	۱۸	۸٥	۲٦۳	٤٤٤
پیرانشهر	۱۲	٥۷	۲٥۲	٤۸۳
سردشت	١٦	٤٦	۲۳٤	٤۲۳
مهاباد	۱۰	٥٦	۱۹۱	۳۸٥
تکاب	۷٥	١٦۰	٤٤۷	۷٥٤
پارس‌آباد	۰	٤	۲۳	٥٤
اردبیل	٥۸	۱۲۷	٤٦٥	٦٥۲



شکل ۵ -نمودار تغییرات مقادیر استانداردشده درجه-روز یخبندان منطقه

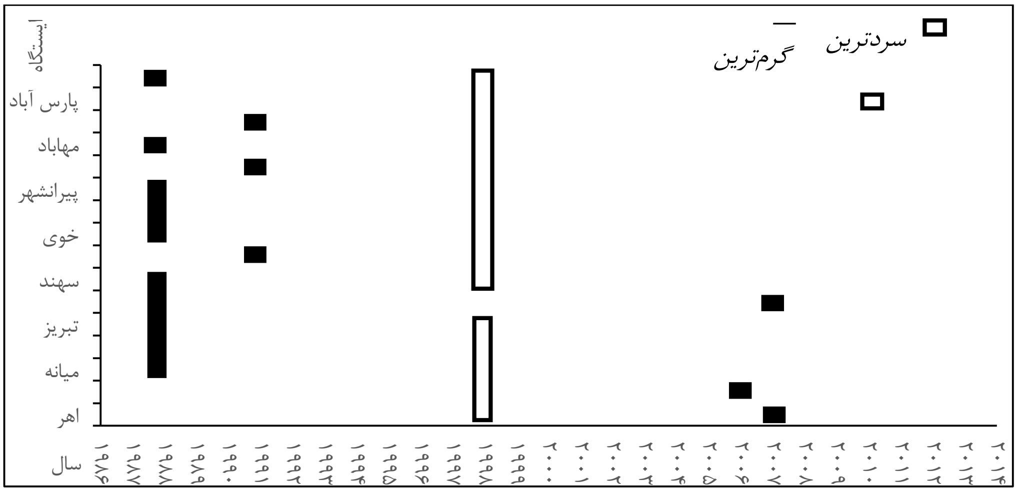
سال‌های افزایشی و سال‌های ۱۹۹۸،۲۰۰۹،۲۰١٤ سال‌های کاهشی مقادیر درجه -روز یخبندان می‌باشند. درعین‌حال به‌منظور نیل به درک مشخصی از روند دوره‌ای مقادیر کاهش یا افزایش درجه-روز یخبندان (شدت

زمستان) در منطقه بر اساس مقادیر تجمعی استانداردشده سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ٦). همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود دوره آماری موردمطالعه شامل دو دوره سرد شدن (۱۹۹۲–۱۹۸٦ و ۲۰۰۷–۲۰۰۳) و دوره گرم (۲۰۰۳–۱۹۹۲) و (۲۰۱٤–۲۰۰۷) می‌باشد که البته شدت سرد شدن دوره دوم ضعیف‌تر از دوره اول و درعین‌حال غلبه دوره گرم نسبت به دوره سرد کاملاً دیده می‌شود. قرار گرفتن خط نموداری در بالای صفر حاکی از حاکمیت کلی فصل سرد در منطقه است هرچند که روندهای سرد یا گرم شدن در مقایسه با شدت فصل سرد متفاوت است.



شکل ٦- نمودار انحراف از میانگین مقادیر تجمعی استانداردشده

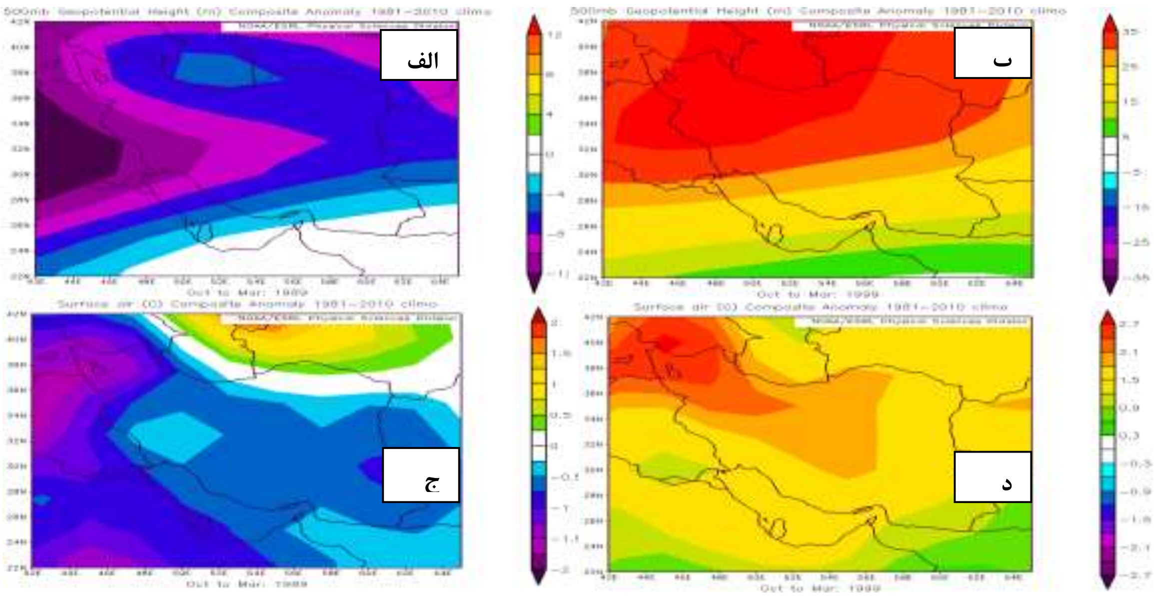
از طرف دیگر بررسی افزایش یا کاهش تعداد درجه–روز یخبندان و یا به‌عبارت‌دیگر تعیین حاکمیت شدید یا ضعیف زمستانی منطقه نشانگر آن است که وقوع هرکدام از این حالات به‌صورت همزمان اتفاق می‌افتد. چنانکه سال ۱۹۸۸ به‌عنوان سردترین و ۱۹۹۸ به‌عنوان گرم‌ترین سال در طی سال‌های آماری موردمطالعه است.



شکل ۷- نمودار وقوع گرم‌ترین و سردترین فصل سرد در ایستگاه‌های موردمطالعه

۳-۲-نتایج تحلیل‌های سینوپتیک

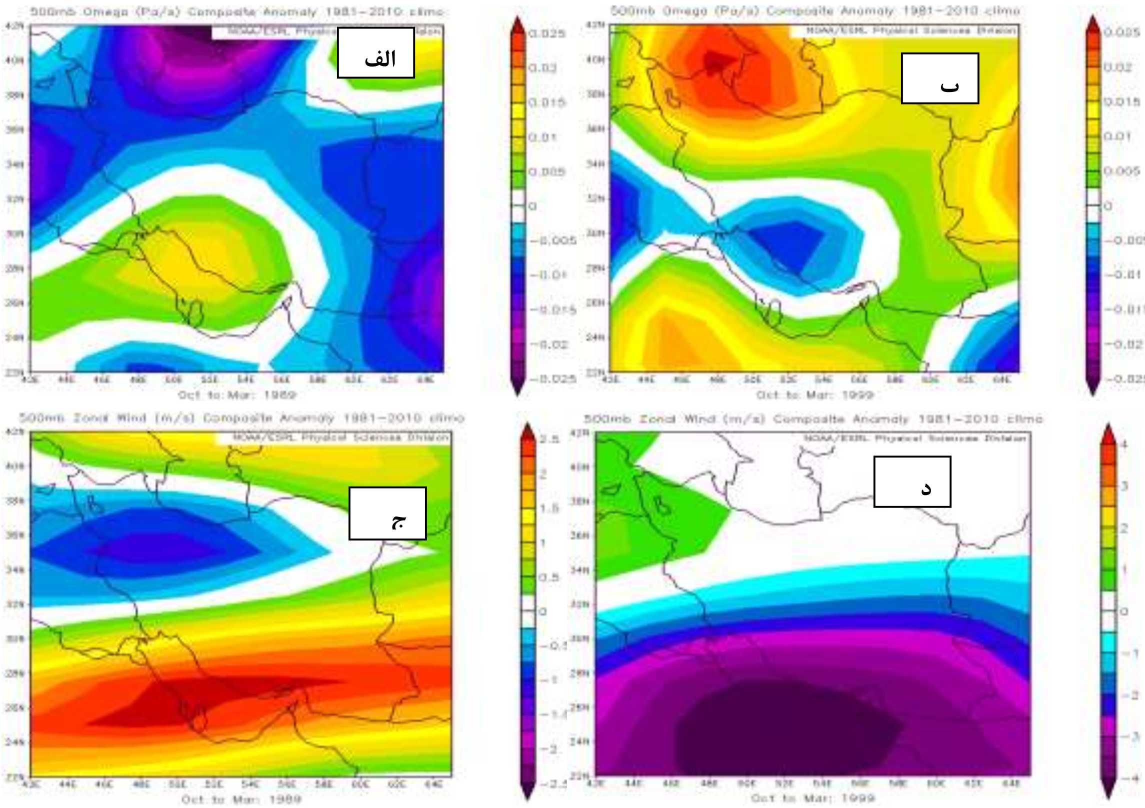
با توجه به اینکه وقوع زمستان‌های گرم و یا سرد قابل توجیه با شرایط ایستگاهی و توپوگرافی منطقه نبوده و تنها می‌توان علل آن را با ویژگی‌های سینوپتیک توضیح داد. لذا بر این اساس شکل ۸-الف نقشه ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال میانگین ماه‌های اکتبر تا مارس (دوره سرد) سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشهود است، منطقه موردمطالعه (شمال غرب کشور) آنومالی منفی ارتفاع ژئوپتانسیل را حتی به میزان ۱۰- متر نشان می‌دهد که حاکی از کاهش ضخامت جو در این دوره زمانی هست. به بیان‌دیگر، منطقه مورد مطالعه نسبت به میانگین بلندمدت خود در دوره سرد سال ناپایدارتر گردیده است. نقشه آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ میلی بار دوره سرد سال ۱۹۹۸ نیز حاکی از افزایش ضخامت جو کل کشور است که برای استان آذربایجان غربی میزان آن به بیش از ۳۵ متر می‌رسد که بیانگر از تشدید پایداری جو منطقه نسبت به میانگین بلندمدت می‌باشد (شکل ۸- ب). شکل ۸-ج نقشه ناهنجاری دمای هوای سطح زمین را برای سال ۱۹۸۸ نسبت به میانگین بلندمدت نشان می‌دهد. نکته جالب‌توجه، آنومالی منفی دما در شمال و شمال غرب کشور هست که این مقدار در استان آذربایجان غربی به بیش از ۲- درجه می‌رسد که حاکی از پاییز و زمستان سردتر از سال‌های دیگر است که کاملاً نتایج شاخص شدت زمستان را تائید می‌کند.



شکل ۸- نقشه ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال میانگین ماه‌های اکتبر تا مارس سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹ (الف)، نقشه ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال میانگین ماه‌های اکتبر تا مارس سالهای ۱۹۹۸ (ب)، نقشه ناهنجاری دمای هوای سطح زمین دوره سرد سال ۱۹۸۸(ج)، نقشه ناهنجاری دمای هوای سطح زمین دوره سرد سال ۱۹۹۸ (د)

نقشـه آنومالی دمای هوای دوره سـرد سـال ۱۹۹۸ افزایش دما را در این سـال نسـبت به میانگین بلندمدت در کل کشـور نشـان می‌دهد که این میزان برای مناطق شـمالی اسـتان آذربایجان غربی حتی به بیش از ۳ درجه سـلسیوس نیز می‌رسد که مطابق نتایج حاصل از محاسبه شاخص شدت زمستان است (شکل ۸–د).

شـکل ۹–الف نقشـه آنومالی حرکت قائم جو تراز ۵۰۰ میلی‌بار را برای ماه‌های اکتبر تا مارس سـال ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹ نشـان می‌دهد. منطقه موردمطالعه (شـمال غرب کشـور) آنومالی منفی را منعکس می‌کند که مقدار آن حتی به ۰٫۰۷– پاسـکال بر ثانیه می‌رسـد که نشـان‌دهنده تشدید ناپایداری جو منطقه نسبت به میانگین بلندمدت (۲۰۱۰–۱۹۸۱) است. نقشـه ناهنجاری حرکت قائم جو تراز ۵۰۰ میلی‌بار سـال ۱۹۹۸ برخلاف سـال قبل (۱۹۸۸) آنومالی مثبت حرکت قائم جو را نسـبت به میانگین بلندمدت نشـان می‌دهد که نشـان‌دهنده تشـدید حرکات نزولی و درنتیجه پایدارتر شـدن جو منطقه اسـت. ناهنجاری مثبت در برخی مناطق شـمال غرب ایران به بیش از ۰٫۰۲۵ پاسـکال بر ثانیه نیز می‌رسـد (۹–ب).



شکل ۹– نقشه ناهنجاری حرکت قائم جو سطح ۵۰۰ میلی‌بار دوره سرد سال ۱۹۸۸ (الف)، نقشه ناهنجاری حرکت قائم جو سطح ۵۰۰ میلی‌بار دوره سرد سال ۱۹۹۸ (ب)، نقشه ناهنجاری باد مؤلفه مداری سطح ۵۰۰ میلی‌بار دوره سرد سال ۱۹۸۸ (ج)، نقشه ناهنجاری باد مؤلفه مداری سطح ۵۰۰ میلی‌بار دوره سرد سال ۱۹۹۸ (د)

شکل ۹–ج نقشه ناهنجاری باد مؤلفه مداری سطح ۵۰۰ میلی‌بار دوره سرد سال ۱۹۸۸ را نشان می‌دهد. آنومالی منفی باد مداری در منطقه موردمطالعه حاکی از تشدید جریانات نصف‌النهاری است که باعث انتقال هوای سرد از عرض‌های بالاتر می‌شود. برخلاف سال ۱۹۸۸ نقشه ناهنجاری باد مؤلفه مداری سطح ۵۰۰ میلی‌بار دوره سرد سال ۱۹۹۸ ناهنجاری مثبت باد مؤلفه مداری[1] را نشان می‌دهد که حاکی از غلبه جریانات مداری بر جریانات نصف‌النهاری و درنتیجه عدم انتقال هوای سرد عرض‌های بالابر روی منطقه است که در گرم شدن این سال را به دنبال دارد (شکل ۹–د).

٤–جمع‌بندی

امروزه افزایش جمعیت و گسترش نیازهای انسانی ازیک‌طرف و رشد و توسعه انواع وسایل نقلیه از طرف دیگر لزوم توجه بیشتر به موضوع حمل‌ونقل در کشورهایی با زمستان‌های سرد و پربرف، را به موضوعی مهم بدل ساخته است. بررسی‌های انجام‌شده در این مقاله در خصوص یکی از مناطق درگیر با این موضوع یعنی شمال غرب ایران بر اساس استفاده از مجموع مقادیر دماهای منفی روزانه حاکی از این نکته است که ایستگاه‌های سراب، ماکو، تکاب به‌عنوان کانون‌های شدید زمستانی منطقه بوده است. همچنین شدیدترین زمستان‌ها در ایستگاه‌های اردبیل و سراب در شرق و تکاب و ماکو در غرب منطقه به وقوع پیوسته و دراین‌بین ایستگاه تکاب هم با ۸۳۰ درجه روز یخبندان در طی دوره آماری بیشترین رکورد را به خود اختصاص داده است. درعین‌حال مشخص شد که در کانون‌های شدید زمستانی، فصل سرد زودتر شروع و دیرتر به اتمام می‌رسد. همچنین مشخص گردید که ایستگاه سراب طی سال‌های موردبررسی همیشه دارای زمستان‌های شدیدی بوده است. درعین‌حال معلوم شد که در منطقه دو موج سرمایش شدید (۹۲–۱۹۸٦ و ۲۰۰۷–۲۰۰۳) و گرمایش (۲۰۰٤–۱۹۹۲ و ۲۰۱٤–۲۰۰۷) به وقوع پیوسته که در این میان سال ۱۹۸۸ به‌عنوان سردترین و ۱۹۹۸ به‌عنوان گرمترین فصل زمستان می‌باشد.

با توجه به غیرعادی بودن این دو سال نسبت به حالت میانگین دوره آماری مورد مطالعه، تحلیل سینوپتیک انجام شد. بر مبنای این تحلیل‌ها مشخص شد که در سال ۱۹۹۸ کم شدن ضخامت جو موجبات ناپایداری بیشتر و درنتیجه ریزش هوای سرد عرض‌های بالا و افت دمای هوا و نهایتاً افزایش شدت سرمایش فصل زمستان در این سال شده است. در صورتی که در زمستان سال ۱۹۹۸ افزایش ضخامت جو سبب پایداری بیشتر و همچنین تشدید جریانات نزولی که معلول تاخیردر عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره (STHP) بوده، منجر به افزایش دمای هوا و تجربه زمستان گرم در این سال گردیده است. با توجه به مطالبی که بیان شد، روش استفاده از جمع تجمعی درجه حرارتهای منفی فصل سرد به دلیل نبود مقادیر ارتفاع برف و بعضی از پارامترها همچون دمای سطح جاده می‌تواند مناسب باشد، هرچند که دراین‌بین خطاهایی نیز ممکن است وجود داشته باشد. Curtis et al., (۲۰۱۹) نیز بر ای نکته اشاره داشتند

1 Zonal Wind

که هرچند شـــاخص‌های شـــدت زمســـتانی ابداع شـــده در ایالات متحده بر پایه دما بوده ولی باید دانســـت که درجه حرارت برای بیان این شـاخص کافی نبوده اسـت. همچنین Matthews et al., (۲۰۱۷) هم خاطر نشان کردند که تنوع توپوگرافی، اختلـافـات آب و هوایی، ویژگیهای متفاوت شـــبکه جاده‌ای، میزان تراکم جمعیت منطقه و حجم ترافیک متفاوت لزوم آن را می‌طلبد که محققین برای هر منطقه شـاخص خاصـی را طراحی نمایند تا از بروز خطاها جلوگیری شـود. بر این اسـاس به نظر می‌رسـد دسـتگاه‌های ذیربط حمل‌ونقل جاده‌ای کشـور ضـمن تلاش برای اسـتفاده از شـاخص‌های شـدت زمسـتان، البته با خطای کمتردر شـمال غرب، می‌بایسـت تمهیدات لازم را در خصـوص ایجاد راهدارخانه‌های زمسـتانی با تجهیزات کامل در حوزه‌های شـهرسـتانی سراب، اردبیل در شرق و تکاب، ماکو در غرب منطقه به عمل‌آورده و با مدیریت صحیح منابع و هزینه‌ها در عین صرفه‌جویی، بیشترین کارایی را داشته باشند.

کتابنامه

علایی طالقانی، محمود؛ ۱۳۹۲. *ژئومورفولوژی ایران*. تهران: انتشارات قومس. ٤٠٤ صفحه.

قویدل رحیمی، یوسف و خوشحال دستجردی، جواد؛ ۱۳۸۹. جستاری پیرامون سختی اقلیم زمستانی تبریز و ارتباط آن با نوسانات شمالگان. *فصلنامه مدرس علوم انسانی*. دوره ١٤ شماره ۱ بهار ۱۳۸۹. صص ١٩٦-١٧٩.

Andrey, J., Li, J., & Mills, B., 2001, January. A winter index for benchmarking winter road maintenance operations on Ontario highways. In 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Andrey, J., Mills, B., & Vandermolen, J., 2003. A temporal analysis of weather-related collision risk for Ottawa, Canada: 1990-1998. Transportation Research Board, Paper Number TRB2003-3488, Washington, DC.

Assel, R. A., 1980. Maximum freezing degree-days as a winter severity index for the Great Lakes, 1897–1977. Monthly Weather Review, 108(9), 1440-1445.

Boselly III, S. E., 1993. Road Weather Information Systems: What Are They and What Can They Do for You? Transportation Research Record, (1387).

Cerruti, B. J., & Decker, S. G., 2011. The local winter storm scale: A measure of the intrinsic ability of winter storms to disrupt society. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *92*(6), 721-737.

Decker, R., Bignell, J. L., Lambertsen, C. M., & Porter, K. L., 2001. Measuring efficiency of winter maintenance practices. *Transportation Research Record*, *1741*(1), 167-175.

Hejduk, A., & Hejduk, L., 2014. Thermal and snow conditions of winters and winter floods on example of Zagożdżonka River. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Land Reclamation*, *46*(1), 3-16.

Hulme, M., 1982. A new winter index and geographical variations in winter weather. *Journal of Meteorology*, *7*(3), 294-300.

Knudsen, Freddy, (1994. A Winter Index Based on Measured and Observed Road Parameters: In Proceedings of the 7th International Road Weather Conference SIRWEC, Seefeld, Austria, March 21-22, pp. 175-185.

Malcheva, K., Pophristov, V., Marinova, T., & Trifonova, L., 2019, February. Complex approach for classification of winter severity in Bulgaria. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2075, No. 1, p. 120011. AIP Publishing.

Matthews, L., Andrey, J., Minokhin, I., & Perchanok, M., 2017. Operational Winter Severity Indices in Canada–From Concept to Practice. *Planning*, *53*(54), 55.

McCaffery, R. M., & Maxell, B. A., 2010. Decreased winter severity increases viability of a montane frog population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(19), 8644-8649.

Mews, J., 2013. Mapping winter weather severity index: Clear Roads, No. CR10-20, Feb.2013

Qui, L., 2008. Performance measurement for highway winter operations (Doctoral dissertation): Iowa City: University of Iowa. Retrieved from http://ir.uiowa.edu/etd/28/

Rissel, M. C., & Scott, D. G., 1985. *Staffing of maintenance crews during winter months* (No. 1019).

Strong, C., & Shvetsov, Y., 2006. Development of roadway weather severity index. *Transportation research record*, *1948*(1), 161-169.

Suggett, J. M., Hadayeghi, A., Mills, B., Andrey, J. C., & Leach, G., 2006. Development of winter severity indicator models for Canadian winter road maintenance. In *Annual Conference & Exhibition of the Transportation Association of Canada, 2006. Congres et exposition annuels de l'Association des transport du Canada, 2006. Transportation Association of Canada*.

Walker, C. L., Hasanzadeh, S., Esmaeili, B., Anderson, M. R., & Dao, B., 2019. Developing a winter severity index: A critical review. *Cold Regions Science and Technology*.

WMO (World Meteorological Organization) (1989). The Changing Atmosphere: Implications for Global Security, Toronto, Canada, 27–30 June 1988, Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization.